4Б

УДК 681.31

А.П. Бень
Херсонская государственная морская академия
Украина, 73034, г. Херсон, просп. Ушакова, 20

Концептуальные основы создания систем поддержки принятия решений в судовождении

A.P. Ben
Kherson State Maritime Academy
Ukraine, 73034, c. Kherson, Ushakov ave., 20

Conceptual Basis for Creation of Decision Support Systems in Navigation

А.П. Бень
Херсонська державна морська академія
Україна, 73034, м. Херсон, просп. Ушакова, 20

Концептуальні засади створення систем підтримки прийняття рішень в судноводінні

В статье представлена концепция создания интеллектуальных систем поддержки принятия решений в судовождении. Проведен сравнительный анализ существующих теоретических подходов к созданию интеллектуальных систем управления движением судна и выявлены особенности процессов принятия решений судоводителем. Предложены базовые принципы построения и функционирования интеллектуальных систем поддержки принятия решений в судовождении.
Ключевые слова: система поддержки принятия решений, судовождение, человеческий фактор.

In the article, the concept for creation of intelligent decision support systems in navigation is considered. The comparative analysis of the current theoretical approaches to the creation of the intelligent systems of ship movement control is made and peculiarities of the process of the deck officer's decision are defined. The basic principles for building and functioning of the intelligent decision support systems in navigation are given.
Key words: decision support system, navigation, human factor.

Розглянуто концептуальні засади побудови систем підтримки прийняття рішень в судноводінні. Проведено порівняльний аналіз існуючих теоретичних підходів до побудови інтелектуальних систем управління рухом суден та виявлені особливості процесів прийняття рішень судноводієм. Запропоновані базові принципи побудови і функціонування інтелектуальних систем підтримки прийняття рішень в судноводінні.
Ключові слова: системи підтримки прийняття рішень, судноводіння, людський фактор.

Введение

Вопросы построения систем поддержки принятия решений (СППР) в судовождении в настоящее время приобретают особую значимость в связи с существенно возросшим уровнем автоматизации современных судов и увеличением числа морских аварий, возникающих по причине «человеческого фактора». По имеющимся статистическим данным, фактор ошибки судоводителя при принятии решений по управлению

судном является основной причиной более 80% морских аварий. Подтверждением тому становится все большее количество морских происшествий, в частности, печально известная авария круизного лайнера «Коста Конкордиа» у берегов Италии и теплохода «Булгария» на Волге.

Снижение влияния человеческого фактора на уровень аварийности представляет актуальную научно-практическую проблему, которую необходимо решать путем совершенствования процессов взаимодействия судоводителя с современными техническими средствами управления судном.

Сложность процессов взаимодействия судоводителя и технических средств обусловлена существенным увеличением объемов навигационной информации, которая доступна в режиме реального времени благодаря применению современных информационных технологий. С другой стороны, стремительное развитие информационных технологий и активное применение принципов искусственного интеллекта в технике создают благоприятные предпосылки для разработки и внедрения СППР в судовождении.

Необходимость внедрения и совершенствования таких систем и обуславливает цель данной работы.

Цель работы – определение концептуальных основ создания СППР судоводителя, базовых принципов их построения и функционирования, а также перспективных направлений и путей дальнейшего развития.

Анализ исследований и предшествующие публикации

Проведенный анализ публикаций [1-4] позволяет сделать вывод, что в настоящее время исследователями при создании систем управления процессами расхождения судов используются различные теоретические подходы, в частности: теория нелинейной дифференциальной инвариантности, методы статических и дифференциальных игр, теория оптимальных дискретных процессов, теория фильтрации, теория динамических n-управляемых систем. В работах [3], [4] рассмотрены особенности указанных подходов, показаны их ограничения и недостатки, сдерживающие широкое практическое использование.

На основе проведенного в [2-4] анализа работ в области создания систем управления движением судов можно сделать вывод, что наиболее перспективным и интенсивно развивающимся в настоящее время направлением в данной области является создание интеллектуальных систем, решающих задачи поддержки принятия решения судоводителя. Эффективность использования таких систем существенно возрастает при использовании в сложных навигационных условиях, стесненных водах и узкостях, наличии навигационных опасностей и районах интенсивного судоходства.

Следует отметить, что обязанности принятия решений по управлению судном, как и ответственность за их последствия, на текущий момент и в ближайшем будущем будут возложены на судоводителя, а интеллектуальные системы будут исполнять роль средств поддержки принятия таких решений. Таким образом, СППР становятся средством информационной поддержки, но не освобождают капитана и вахтенных помощников от обязанностей постоянного контроля за навигационной обстановкой, а также от ответственности за принятые решения по управлению судном [5].

Указанные обстоятельства обуславливают необходимость определения концептуальных основ создания таких систем, а также принципов их построения и функционирования.

Основная часть

Концепция создания СППР судоводителя предполагает решение следующих задач:

– выявление и анализ особенностей предметной области;

– анализ принципов формирования и принятия решений судоводителем;

– формулирование принципов интеллектуальной поддержки принятия решений в судовождении;

– определение базовых принципов построения СППР судоводителя;

– определение задач, решаемых СППР судоводителя.

Необходимо отметить, что при создании СППР судоводителя важно учитывать особенности рассматриваемой предметной области, а именно:

– стохастичность и недетерминированность процессов управления движением судов;

– наличие факторов неопределенности и неполноты исходной информации о рассматриваемых навигационных ситуациях;

– наличие временных ограничений на процессы ввода информации, ее анализ и выработку возможных решений;

– необходимость учета влияния внешних условий, в частности гидрометеорологических, гидрографических факторов и навигационных опасностей;

– наличие фактора субъективности суждений лица, принимающего решение (ЛПР), обусловленного сложившимися стереотипами выработки решений для определенных ситуаций;

– существенное влияние на качество принимаемых решений психофизиологического состояния ЛПР;

– соответствие принимаемых решений действующей нормативно-правовой базе, регламентирующей правила судоходства (Международные правила по предотвращению столкновений судов – МППСС-72);

– процессы принятия решений при расхождении судов носят распределенный и кооперативный характер в условиях целенаправленного поведения участников.

Указанные особенности предметной области затрудняют использование в СППР только лишь математических моделей, характеризующих процессы движения судов, и обуславливают необходимость создания гибридных СППР, использующих принципы динамических экспертных систем.

Следующей важной составляющей концепции построения СППР является определение основных принципов формирования и принятия решений судоводителем. Анализ процессов принятия решений судоводителем позволяет выявить пять базовых принципов, используемых им на практике:

– внимание судоводителя концентрируется преимущественно не на вариантах решения задачи расхождения, а на условиях протекания процесса управления судном, которые он анализирует, опираясь на свой опыт практической деятельности;

– при благоприятных условиях (небольшое количество объектов, хорошая видимость, отсутствие усталости) судоводитель способен самостоятельно преодолевать факторы неточности и неопределенности описания навигационной ситуации и оперативно принимать правильное решение на основе имеющегося опыта;

– при неблагоприятных условиях, наличии внешних воздействий, усталости, судоводитель решает задачу расхождения на основе наиболее значимых, с его точки зрения, факторов и системы обобщенных оценок, не принимая во внимание многие «несущественные» детали и сознательно огрубляя задачу для более быстрого ее выполнения;

– анализируя информацию о навигационной ситуации в зоне маневрирования, судоводитель подсознательно оценивает динамику навигационных параметров, экстраполируя их ожидаемое изменение во времени и формируя единую модель ее дальнейшего развития;

– в сложных условиях судоводитель постоянно оценивает не только динамику развития событий, но и вероятность достижения поставленной цели, проявляющуюся в виде эмоционального ощущения успеха или тревоги.

Указанные обстоятельства обуславливают возникновение «человеческого фактора» как одной из основных причин аварийности в судовождении. Необходимость минимизации его влияния путем использования СППР судоводителя позволяет сформулировать основные требования, предъявляемые к таким системам.

1. Для снижения влияния «человеческого фактора» в условиях потенциального столкновения судов необходимо применять СППР, основанные на принципах динамических экспертных систем.

2. База знаний интеллектуальной системы судна должна содержать и накапливать информацию по трем направлениям: декларативная информация, которая регламентирует законодательную базу управления процессами расхождения судов МППСС-72, экспертная информация – формализированные знания экспертов в предметной отрасли – опытных судоводителей, и база прецедентов – информация относительно развития событий в навигационных ситуациях, которые уже имели место в прошлом.

3. СППР судоводителя должна строиться на принципах траекторно-целевого моделирования движения судов, имеющих целенаправленное поведение по избеганию столкновения и выполнению требований МППСС-72. Необходимо наличие средств прогнозирования развития навигационной ситуации и визуального представления такого прогноза.

4. Применяемые в СППР формальные модели должны отвечать требованиям адекватности, неизбыточности и технической осуществимости – перспективным является сочетание моделей, базирующихся на принципах искусственного интеллекта с математическими моделями, описывающими процессы движения судов.

5. Функционирование СППР судоводителя осуществляется в режиме реального времени, что требует их интеграции с имеющимися на судне средствами контроля движения и навигационной ситуации.

6. Формы отображения информации в СППР должны обеспечивать ее быстрое восприятие и высокий уровень осознания судоводителем, потому при визуализации навигационных ситуаций является целесообразным применение методов когнитивной графики.

7. Необходимо обеспечить возможность информационного взаимодействия между береговыми системами управления движением и СППР, что обуславливает необходимость разработки унифицированных протоколов обмена информацией в таких системах.

Выполнение указанных требований возможно в случае использования гибридных СППР, содержащих несколько информационных баз знаний: нормативную, экспертную и прецедентную.

Реализация процесса расхождения нескольких судов представляет собой сложную задачу кооперативного неантагонистического взаимодействия с распределенным принятием решений, для которой крайне важным становится обеспечение координации такого взаимодействия в условиях целенаправленного поведения участников, стремящихся избежать столкновения.

Решение этой задачи в СППР судоводителя может быть реализовано с использованием принципов траекторно-целевого подхода к прогнозированию движения судов

в рамках кооперативного управления интеллектуальными логико-динамическими объектами. Сущность траекторно-целевого подхода состоит в формировании СППР предполагаемых траекторий движения судов исходя из заданных целевых позиций, а также критериев и зон безопасности движения. Каждое судно представляется в виде взаимодействующего логико-динамического объекта, обладающего целенаправленным поведением и реализующего траекторию своего движения исходя из принципов безопасности в условиях выполнения требований МППСС-72.

Процесс функционирования СППР судоводителя в таком случае предполагает циклическое решение следующей последовательности задач [6]:

– идентификация судов, находящихся в зоне возможного столкновения;

– мониторинг параметров движения судов и динамики их изменения;

– оценка погрешности получаемых параметров движения;

– классификация судов по степени опасности;

– определение множества взаимодействующих судов, для которых формируются возможные сценарии движения;

– определение областей взаимных обязанностей судов, их соответствия МППСС-72 и границ зоны безопасности собственного судна;

– формирование множества возможных сценариев (стратегий) движения судов;

– определение стратегий движения, отвечающих заданным критериям безопасности;

– моделирование возможных сценариев развития навигационной ситуации на основе принципов траекторно-целевого управления;

– выработка возможных альтернатив по управлению судном и предоставление их судоводителю.

Судно исключается из рассмотрения СППР при формировании сценариев взаимодействия в случае идентификации его как безопасного, но мониторинг параметров движения такого судна продолжается при нахождении его в пределах зоны действия автоматизированной системы. Для опасных и потенциально опасных судов СППР формирует многошаговую стратегию расхождения на весь прогнозируемый период их нахождения в зоне взаимных обязанностей, с последующей коррекцией стратегии в случае, если текущее развитие ситуации будет отличаться от прогнозируемого. В процессе формирования стратегии расхождения учитывается предполагаемое изменение параметров движения судов, обусловленное их взаимодействием друг с другом в соответствии с МППСС-72. Результатом работы СППР судоводителя является графическая визуализация ситуации с указанием рекомендуемых изменений параметров движения собственного судна [7].

Выводы

Предложена концепция построения гибридной СППР судоводителя, основанная на принципах кооперативного управления интеллектуальными логико-динамическими объектами. Показано, что СППР судоводителя должна строиться на принципах траекторно-целевого моделирования движения судов, имеющих целенаправленное поведение по избеганию столкновения в условиях выполнения требований МППСС-72. Применяемые в СППР формальные модели должны отвечать требованиям адекватности, неизбыточности и технической осуществимости – перспективным является сочетание моделей, базирующихся на принципах искусственного интеллекта с математическими моделями, описывающими процессы движения судов.

Практическая реализация предложенных подходов при построении СППР позволит сократить время на выработку решений по управлению судном и повысить их качество.

Использование СППР судоводителя обеспечит снижение влияния человеческого фактора на процессы управления судном и уменьшение уровня аварийности на море.

Литература

1. Алексейчук М.С. Основные принципы системы принятия оптимального решения при расхождении судов / М.С. Алексейчук // Судовождение : сб. науч. трудов ОГМА. – 1999. – Вып. 1. – С. 7-14.
2. Мальцев А.С. Интеллектуальные гибридные системы поддержки принятия решений при расхождении судов / А.С. Мальцев // Судовождение : сб. научн. трудов ОНМА. Вып. 11. – Одесса : ИздатИнформ, 2006. – С. 74-86.
3. Цымбал Н.Н. Гибкие стратегии расхождения судов / Цымбал Н.Н., Бурмака И.А., Тюпиков Е.Е. – Одесса : КП ОГТ, 2007. – 424 с.
4. Вагущенко Л.Л. Поддержка решений по расхождению с судами / Л.Л. Вагущенко, А.Л. Вагущенко. – Одесса : Феникс, 2010. – 229 с.
5. Бень А.П. Принципи побудови систем підтримки прийняття рішень судноводія / А.П. Бень // Матеріали другої науково-практичної конференції «Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті (MINTT-2010)», (Херсон, ХДМІ, 25. – 27 травня 2010 р.). – Т. 1. – С. 8-11.
6. Бень А.П. Использование теоретико-игровой модели для представления и анализа навигационных ситуаций в системе поддержки / А.П. Бень // Искусственный интеллект. – 2010. – № 3. – С. 439-443.
7. Бень А.П. Методы оценки опасности траектории движения судов в системах поддержки принятия решений / А.П. Бень // Вестник ХНТУ : сб. науч. трудов Херсонского национального технического университета. – 2009. – Вып. 1 (34). – С. 429-433.

Literatura

1. Aleksiitshuk M.S. Sudovojdenie. 1999. № 1. S. 7-14.
2. Ben A.P. Iskusstvennyj intellect. 2010. № 3. S. 439-443.
3. Ben A.P. MINTT-2010. 2010. T. 1. S. 8-11.
4. Ben A.P. Vestnik KHNTU. 2009. № 1(34). S. 429-433.
5. Maltsev A.S. Sudovojdenie. 2006. № 11. S. 74-86.
6. Tsimbal N.N. Burmaka I.A. Tupikov E.E. Gibkie strategii rashozdenija sudov. Odessa. 2007. 424 S.
7. Vagushenko L.L. Vagushenko A.L. Podderjka reshenij po rashojdeniju sudov. Odessa. 2010. 229 S.

RESUME

A.P. Ben

Conceptual Basis for Creation of Decision Support Systems in Navigation

The article is devoted to the problems of creation of deck officer’s decision support system (DSS). In this article the particular subject area is identified, the processes of deck officer’s DSS are analyzed and the basic principles of intelligent DSS in navigation are offered. The concept of building deck officer’s DSS is proposed, it is based on the usage of the principles of trajectory-oriented approach within the framework of the cooperative management of intellectual logic-dynamic objects.

It is defined the range of tasks, which can be solved during the operation of the intelligent decision support system of a navigator. The proposed principles of the DSS will reduce the time required for finding solutions to manage the vessel and reduce the impact of human factor in navigation, which consequently leads to accidents reduction at sea.

Статья поступила в редакцию 02.07.2012.